

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-140677

(43)Date of publication of application : 25.05.1999

(51)Int.Cl. C23F 13/00

E02B 1/00

(21)Application number : 09-329672

(71)Applicant : NAKABOHTEC CORROSION  
PROTECTING CO LTD

(22)Date of filing : 14.11.1997

(72)Inventor : SAITO KIYOMI  
OBA TADAHICO  
KUWA MORIHIKO  
USUI HIDETOMO

(54) METHOD FOR PREVENTING CONTAMINATION AND LOCAL CORROSION OF  
WIRE NET MADE OF COPPER OR COPPER ALLOY AND DEVICE THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress a local abnormal corrosion of a metallic net made of copper or a copper alloy while the operation of preventing its contamination is maintained by continuously flowing a specified feeble cathode current into a metallic net or/and holding the potential of the metallic net to the one baser than the natural potential by specified value.

SOLUTION: For preventing the sticking of marine organisms to the surface of copper and a copper alloy, it is needed that copper is eluted in sea water at a rate of 0.007 to 0.015 mm/y. For holding this, an electric current is continuously flowed through the wire net made of copper or an copper alloy at the cathode current density of 10 to 100 mA/m<sup>2</sup>, and the potential of the metallic net is made baser than the natural potential by 20 to 150 mV (the one nobler than the perfect corrosion preventing potential). In this way, the prevention of the contamination and the suppression of the abnormal corrosion in the copper or copper alloy can be attained. For the copper alloy the more preferable cathode current is 20 to 40 mA/m<sup>2</sup> as for cupro nickel, and the potential is more preferably held to the one baser than 20 to 80 mV as for cupro nickel and aluminum brass.

### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of  
rejection]

[Kind of final disposal of application other than  
the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-140677

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月25日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	P I	
C 2 3 F 13/00		C 2 3 F 13/00	L
			C
			F
			M
E 0 2 B 1/00	3 0 1	E 0 2 B 1/00	3 0 1 A
審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 7 頁)			

(21) 出願番号 特願平9-329672

(22) 出願日 平成9年(1997)11月14日

特許法第30条第1項適用申請有り 平成9年9月10日～  
9月11日 社団法人電気化学会主催の「1997年電気化学  
秋季大会」において文書をもって発表

(71) 出願人 000211891

株式会社ナカボーテック

東京都中央区新川二丁目5番2号

(72) 発明者 斎藤 清美

埼玉県上尾市中新井417 株式会社ナカボ  
ーテック技術開発研究所内

(72) 発明者 大庭 忠彦

埼玉県上尾市中新井417 株式会社ナカボ  
ーテック技術開発研究所内

(72) 発明者 桑 守彦

埼玉県上尾市中新井417 株式会社ナカボ  
ーテック技術開発研究所内

(74) 代理人 弁理士 伊東 哲也 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 銅又は銅合金製金網の防汚及び局部腐食防止の方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 銅又は銅合金製金網の防汚作用を保持させながら、該金網の局部的異常腐食を抑制する方法及び装置を提供する。

【解決手段】 海水と接する銅又は銅合金製金網への微生物の付着を抑制し、かつ金網の列線交差部の隙間腐食を抑制する方法及び装置であって、金網に連続して10～100mA/m<sup>2</sup>の陰極電流を流入させるか、又は/及び金網の電位を自然電位よりも20～150mV卑に保持することを特徴とする銅又は銅合金製金網の防汚及び局部腐食防止方法及び装置。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 海水と接する銅又は銅合金製金網への海生生物の付着を抑制し、かつ該金網の列線交差部に生ずる隙間腐食を抑制する方法であって、該金網に連続して10～100mA/m<sup>2</sup>の微弱な陰極電流を流入させるか、又は／及び該金網の電位を自然電位よりも20～150mV卑に保持することを特徴とする銅又は銅合金製金網の防汚及び局部腐食防止方法。

【請求項2】 前記銅又は銅合金が、純銅又は銅－ニッケル合金若しくはアルミ銅である請求項1に記載の防汚及び局部腐食防止方法。

【請求項3】 前記銅合金製金網の電位は自然電位よりも20～100mV卑に保持する請求項1又は2に記載の防汚及び局部腐食防止方法。

【請求項4】 海水と接する銅又は銅合金製金網への海生生物の付着を抑制し、かつ該金網の列線交差部に生ずる隙間腐食を抑制する装置であって、陽極又は流電陽極及び該金網からなる陰極が直流電源を介して又は介さずに接続され、該金網に連続して10～100mA/m<sup>2</sup>の微弱な陰極電流を流入させるか、又は／及び該金網の電位を自然電位よりも20～150mV卑に保持することを特徴とする銅又は銅合金製金網の防汚及び局部腐食防止装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、銅又は銅合金に対する海水中に棲息する海生生物の付着抑制方法及び該金網の局部異腐食防止方法並びに同機能を有する装置に関する。詳しくは、クラゲ侵入防止或いは養魚用生簀（イケス）等に使用される銅又は銅合金製金網上に付着する海生生物を効果的に抑制し、且つ該金網の局部腐食を抑制する方法及び装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】海水に接して敷設或いは設置される構造物や施設は、常に海水に曝されていることから、該構造物や施設の供使寿命期間、安全にその機能を十分発揮させるために保守管理上大きな技術的課題がある。該構造物や施設（以下該構造物と称する）の腐食防止対策と海水中に棲息する海生生物による汚損防止（防汚）対策である。

【0003】腐食防止対策は、耐食性材料の開発、各種の塗装、メッキ、化成処理、ライニング、溶射或いは電気防食といった優れた防食手段が開発され、実用面でも広く供使され、ほぼ満足できる状況にある。

【0004】海生生物による汚損防止（防汚とも言う）対策も①塩素系薬剤の投入、②防汚塗料の塗布、③防汚金属の被覆（主として銅または銅合金）、④海水電解による塩素、次亜塩素酸イオンの生成及び⑤銅の海水電解による海水中への銅イオンの供給などが行われている。これらの手段は需要者側の条件に合わせて単独使用或いは併用されている。

は併用されている。

【0005】いずれの防汚対策も有効な手段であるが、対象構造物或いは環境条件によっては適正とは言えない手段もある。例えば、塩素系薬剤の投入、海水電解による塩素、次亜塩素酸イオンの生成或いは銅イオンの海水中への供給は、防汚効果を高めるため過剰濃度になり易く環境汚染の原因になり兼ねない。海水中に半永久的に敷設される構造物にあっては防汚塗装やライニングは、再加工が容易でなく適用が難しい。長期に亘って防汚効果を維持させるために、防汚手段の寿命や維持管理の種々の手間と調整に苦勞が付き纏う。防汚に有効な最小濃度に抑え、手段の長寿命化及び維持管理が容易な方策の出現が望まれるところである。

【0006】銅による海生生物駆除は、水中に溶出した銅イオンによる殺菌効果による。近年水中に棲息する生物の駆除に銅を用いた技術の開発が文献に多数報告されている。例えば、特公昭41-5193号公報には、海水を導入する暗渠または開渠の内壁面に銅陽極及び陰極を設け、外部直流電源に接続し海水中に銅イオンを溶出させ海生生物を死滅させる方法が開示されている。特公昭43-6374号公報には、海水と接する機器設備を陰極とし該海水環境中に別途銅又は銅合金陽極を設置して電解し、銅イオン含有海水で該機器設備を覆って海生生物の付着を防止する方法が提示されている。また、特公昭45-923号公報には、海水導入管の内面に一對の銅電極を設け、交流または極性が転換する直流電圧を供給して海生生物の付着を抑制する方法が示されている。特開昭52-140477号公報には、対象海中鋼構造物の表面に絶縁性支持枠を介して銅、亜鉛等の貴金属イオンを生成する金属材料を設置し、該金属材料を直流電源の正極に接続して、対象構造物を囲む海水環境に貴金属イオンを供給する魚介類駆除用電極（陽極）が開示されている。いずれも海水環境中に銅イオンを供給し、海水中に棲息する海生生物の幼生の死滅を図っている。これらの方法では、対象構造物とは別個に銅イオンを海水中に溶出させる手段・装置が設置されている。

【0007】海水中に銅イオンを放出して海水中の生物を駆除する方法では、銅の陽極電解で該イオンを連続的に供給する必要がある。対象構造物や施設を取り囲む環境海水中に所定量の該イオンを放出させる必要がある。防汚に必要な銅イオン濃度は0.01ppm以上とされている。実用的には、0.1A/dm<sup>2</sup>以上の陽極電流密度で連続して溶出させている。言換えると、対象構造物を取り囲む環境海水の容積によって、銅イオンの絶対量は膨大な量になる。溶解速度で示すと少なくとも0.05mm/y以上で溶解させなくてはならない。すなわち、陽極電解によって銅イオンを海水中に含有させることは、より過剰濃度になりやすく、系外に未反応のフリーの銅イオンを溶出させることになる。

【0008】溶出した銅イオンが防汚に有効に作用する

のであるから、対象構造物の少なくとも海水と接する界面を銅又は銅合金で構成し、防汚に必要な、すなわち、海生生物の幼生が忌避する最小限の銅イオンの流出があれば、該構造物表面への海生生物の着生を抑制することができる。

【0009】本発明の対象構造物は、クラゲ侵入防止金網或いは魚介類の養殖用生簀等である。該構造物に使用される金属製金網の海生生物汚損対策と該金網の局部的異常腐食防止対策にある。金網材は、潮流や波浪に耐えることが重要であるから比重の軽い材料は不適当である。アルミニウム、チタン、これらの金属を基とした合金や樹脂製品がこれに当たる。鉄鋼、銅、銅合金及び鉛からなる金網が広く採用されている。

【0010】これらの金網は共通の課題を抱えている。それは海水腐食防止対策、生物汚損対策及びコストである。鉄鋼金網は、コストは安いが腐食し易く、亜鉛被覆や電気防食の適用で対応できるが、コスト高になり、寿命に限界がある。加えて海生生物の付着を促進するため、金網を取水溝入口に取り付けた場合には取水量の減少や、生簀内においては酸素欠乏や細菌の増殖を促し兼ねない。鉛は、加工性や重量的には魅力あるものの単体では脆断し易くさらに腐食問題があり、ポリエチレン等の樹脂被覆が行われている。樹脂被覆はコスト高に加えて海生生物の付着を促進することになり、防汚塗料等の何らかの汚損対策が必要となる。

【0011】銅或いは銅合金は、コストを除けば加工性、耐食性及び防汚性の点で、他の材料に比して優れているが、コストに見合う長寿命が望まれる。長期的に見ると（少なくとも1年）潮流・波浪の繰返しによる加工硬化による脆性脆断、金網線材の列線交差部或いはノード部（節）に生ずる隙間腐食による脆損、及び海水腐食（これが銅イオンを生成し海生生物の着生を抑制する）により、該銅或いは銅合金の表面に不溶性銅化合物（酸化銅、水酸化銅、塩化銅からなるオキシ銅化合物）を形成して銅の溶出を抑え、その結果該銅或いは銅合金金網の表面に海生生物の着生を促進するなどの問題が起こっている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明者達は、上述の海生生物付着防止（以下防汚と称する場合もある）手段の中で、今日広く利用されている銅に注目し、銅又は銅合金製金網の効果的な使用方法について鋭意検討を行った。

【0013】銅は、古くからその殺菌性が知られ、動植物に付着し、寄生して種々のトラブルを起こす微生物細菌の駆除に広く用いられ、或いは薬用としても用いられている。

【0014】海水中に棲息する海生生物の駆除については、19世紀の中期に木造船の外板に銅板を張付けて使用された記録がある。海生生物駆除の基本的な狙いは、

対象構造物の機能を阻害しない範囲内で該構造物の表面への海生生物の付着、成長及び繁殖を抑制することにある。従って、該構造物を取り囲む海水環境全体を防汚環境にする必要はない。無限量とも言われる海水環境に、例えば0.0Xppmの低濃度の毒性イオンを存在させる事は絶対量としては大変な量を生成させることになる。ましてや、有用海生生物までも排除することになるし、余剰の該毒性イオンは環境汚染の要因となり兼ねない。

【0015】これを防ぐには、該構造物を防汚効果を有する材料、例えば銅或いは銅合金等で構成するか、被覆することである。防汚材料で構成或いは被覆することは、長期的に見てその防汚効果の維持と海水による腐食の問題が重要要素である。

【0016】防汚作用は、該防汚材料の自然溶解に因って毒性イオン（環境全体を該毒性イオンで防汚することに比べて対象区域は限定され、且つ溶出量も少なくて済む）の溶出にある。何らかの要因で溶出が抑制されると防汚効果は低減する。防汚金属の溶解に伴って該金属の表面が不溶性生成物で覆われ溶出が抑制されると、該皮膚への海生生物の着生が治まる。防汚金属の自然溶解であるから、海水中に含まれる酸素との反応による酸化皮膜の形成が避けられない。この酸化皮膜形成を阻止或いは抑制する手段が必要がある。

【0017】一方、対象構造物表面を防汚金属で構成することは、該構造物が鉄鋼材で防汚金属が銅または銅合金である場合には、両者の金属的接触を絶縁しないと異種金属接触腐食を生ずる。また、該構造物を防汚金属で構成する事は機械的加工によって組立てられるので、加工歪を該金属内に残すことになり、或いは設計・組立て上、重なり部分が避けられない等が原因で局部的異常腐食を生じやすい。本発明の対象は、銅または銅合金線材を銅加工した金網である。本来、銅または銅合金特に銅-ニッケル或いはアルミ黄銅は、海水に対して耐食性を有している金属である。しかし、線材加工、繰返し曲げ・振動による残留歪の局部集中部分或いは列線交差部（ノード）の隙間部分に局部侵食を生じ早期に取換えが必要となる事がある。これを防止するため電気防食（陰極防食）が行われている。しかし、前述の防汚効果の面から見ると、電気防食は銅又は銅合金の溶出を抑制するので海生生物の着生を促すことになる。

【0018】本発明の目的は、電気防食法を利用して銅又は銅合金製金網の防汚作用を保持させながら、該金網の腐食、特に局部的異常腐食を抑制する方法及び装置を提供することにある。つまり本発明の第1の目的は、防汚金属である銅または銅合金の溶出を最小限にして該防汚金属の表面に海生生物の付着を抑制する事にある。第2の目的は、該防汚金属製金網の局部的異常腐食を同時に抑制することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記目的は、下記の手段によって達成することができる。すなわち本発明は、海水と接する銅又は銅合金製金網への海生生物の付着を抑制し、かつ該金網の列線交差部に生ずる隙間腐食を抑制する方法であって、該金網に連続して $10 \sim 100 \text{ mA/m}^2$ の微弱な陰極電流を流入させるか、又は/及び該金網の電位を自然電位よりも $20 \sim 150 \text{ mV}$ 卑に保持することを特徴とする銅又は銅合金製金網の防汚及び局部腐食防止方法にある。

【0020】更に本発明は、海水と接する銅又は銅合金製金網への海生生物の付着を抑制し、かつ該金網の列線交差部に生ずる隙間腐食を抑制する装置であって、陽極又は流電陽極及び該金網からなる陰極が直流電源を介して又は介さずに接続され、該金網に連続して $10 \sim 100 \text{ mA/m}^2$ の微弱な陰極電流を流入させるか、又は/及び該金網の電位を自然電位よりも $20 \sim 150 \text{ mV}$ 卑に保持することを特徴とする銅又は銅合金製金網の防汚及び局部腐食防止装置にある。

【0021】前記銅又は銅合金は、純銅又は銅-ニッケル合金若しくはアルミ黄銅であることが好ましい。また、前記銅合金製金網の電位は自然電位よりも $20 \sim 100 \text{ mV}$ 卑に保持することが好ましい。

【0022】直流電源と接続する陽極としては、通常不溶性の白金被覆チタンや鉛-銀合金が用いられる。また流電陽極としては、陰極よりも電位的に卑であるアルミニウム若しくは亜鉛又はこれらの金属を基とする合金等が用いられる。

【0023】銅及び銅合金は、本来海水に対して耐食性を有する。海水中での銅の自然溶解量は、溶解速度で $0.03 \sim 0.04 \text{ mm/y}$  (年) ( $260 \sim 340 \text{ g/m}^2 \cdot \text{y}$ )である。キュプロニッケル ( $\text{Cu/Ni} = 9 \sim 7/1 \sim 3$ ) やアルミ黄銅では、 $\leq 0.02 \text{ mm/y}$ である。該銅又は銅合金表面に海生生物の付着を防ぐには $0.007 \sim 0.015 \text{ mm/y}$ の速度で銅が海水中に溶出している必要があるから、自然状態では防汚に対して過剰溶出であり、余剰の溶出は不必要に海生生物を駆除する事になる。

【0024】銅又は銅合金に陰極電流を供給して電気防食すると銅の溶出を抑制できるが、溶出量を $\leq 0.01 \text{ mm/y}$ にすると該銅又は銅合金の表面に海生生物が付着しやすくなる。自然腐食状態では、短期的(約半年位)には上記の $\geq 0.01 \text{ mm/y}$ の溶出量が確保されるため防汚効果が期待されるが、時間の経過と共に該銅又は銅合金の表面に不溶性の生成物が形成し、これは銅の溶出を抑制する方向に作用するため海生生物が付着しやすい環境となり、結果的に防汚効果の低下を招く。従って、該銅又は銅合金の表面は何らかの手段で清浄活性化を図らねばならない。

【0025】機械的研掃による金網の表面活性は、水中作業のため作業効率が悪く、該金網を頻繁に清浄化する

事は容易ではない。機械的研掃は、該金網の列線交差部(ノード)に生ずる隙間腐食の防止対策にはならない。一方陰極電流による電気防食は、腐食防止手段として有効であっても、海生生物の駆除にはならない。よって、海生生物が忌避する最小量の銅の溶出を確保し同時に隙間腐食による異常腐食を抑止する方法が望まれる。

【0026】かかる課題を解決するのが本発明の目的である。銅又は銅合金製金網の表面に連続して $10 \sim 100 \text{ mA/m}^2$ の微弱な陰極電流を供給して、該金網の電位を自然電位よりも $20 \sim 150 \text{ mV}$ 卑に保持することによって、該銅又は銅合金の溶出を防汚に必要な最小量に抑制し、同時に該銅又は銅合金の表面に海生生物の付着を抑制する事ができる。銅或いは銅合金の種類によって自然溶解量や自然電位が異なるので保持電位は異なる。これらの設定陰極電流密度及び電位は、銅の溶出を完全に停止させる数値ではなく、防汚に必要な溶出を保持し、かつ局部的腐食を抑制するための値である。

【0027】

【発明の実施の形態】本発明は、少なくとも海水に接する部位が銅又は銅合金で構成された銅又は銅合金製建造物(金網)の海生生物汚損防止(防汚)を図りながら、該金網の局部腐食を抑制する方法及び装置に関する。より具体的には、本発明は、冷却用海水を取り入れる取水出入口に設置されるクラゲ侵入防止用或いは生簀用等の銅又は銅合金製金網の防汚と局部腐食抑制手段にある。

【0028】銅及び銅合金は、本来海水に対して耐食性を有する。海水中での銅の自然溶解量は、溶解速度で $0.03 \sim 0.04 \text{ mm/y}$  ( $260 \sim 340 \text{ g/m}^2 \cdot \text{y}$ )である。キュプロニッケル ( $\text{Cu/Ni} = 9 \sim 7/1 \sim 3$ ) やアルミ黄銅では、 $\leq 0.02 \text{ mm/y}$ である。該銅及び銅合金の表面に海生生物の付着を防ぐには $0.007 \sim 0.015 \text{ mm/y}$ の速度で海水中に溶出している必要がある。同一環境で銅の海水電解による海水中に銅イオンを放出させる手段に比して銅の溶解溶出量は少ないとはいえ、自然状態では防汚に対して過剰溶出であり、余剰の溶出は不必要に有用海生生物も駆除する事にもなる。

【0029】本発明の対象は、銅又は銅合金製の金網であり、該金網の防汚と局部腐食の抑制が解決課題である。該金網に海生物が付着し繁殖するのを抑制することにあるが、海水中での自然溶解では前述のごとく過剰溶出である。しかし、短期(約半年乃至1年位)では防汚効果を発揮するが、時間の経過と共に不溶性の銅化合物を形成し銅の溶出が阻止される。その結果、金網表面に海生生物が着生する。銅-ニッケル合金(キュプロニッケル)やアルミ黄銅は、耐海水性合金であるから純銅に比して銅の自然溶出量が少なく(対海水性銅合金と言われる所以である)、短期的(約半年位)には十分防汚効果を有しているものの、純銅よりも表面に皮膜を形成し易く銅イオンの溶出が阻害され海生生物の着生を加速す

る。

【0030】加えて、自然溶解による該銅又は銅合金表面の防汚は、該銅又は銅合金が均一溶解するならば、コストに見合う寿命や設計が可能であるが、表面皮膜の形成等で均一溶解は現実に期待できない。金網にあっては、線材加工や網加工による残留歪があり、海水中に設置されると金網の列線交差部（ノード）に隙間腐食を生じ局部腐食が避けられない。かかる異常腐食は早期に網の破断に繋がる。この様な異常腐食を防止する事が均一溶解の鍵である。その手段として電気防食法がある。該金網に陰極電流を流すことによって腐食の要因である局部電池を打消し防止する方法である。

【0031】銅又は銅合金に陰極電流を供給すると、銅の溶出を抑制するので、該海水と接する界面は海生物が付着しやすい環境になる。これでは防汚の目的が達成されない。該銅又は銅合金に表面から防汚に有効な最少量の銅イオンの流出を図りながら該銅又は銅合金の局部的異常腐食を抑制する方法が望まれる。

【0032】前述したごとく、銅の海水中での自然侵食速度は、 $0.03 \sim 0.04 \text{ mm/y}$ であり、キュプロニッケル（ $\text{Cu/Ni} = 9 \sim 7/1 \sim 3$ ）やアルミ貴銅では $\leq 0.02 \text{ mm/y}$ である。該銅又は銅合金の表面への海生物の付着を防ぐには $0.007 \sim 0.015 \text{ mm/y}$ の速度で銅イオンが海水中に溶出している必要がある。半年或いは1年以内の短期間ならともかく、それ以上となると該銅又は銅合金の表面に不溶性の酸化物やオキシ水酸化物からなる化合物皮膜を形成し、銅イオンの溶出を阻害し、海生物の付着を促す。酸化物の形成阻止や酸化物を除去する事が肝要である。酸化物であるから該銅又は銅合金の表面を還元性の状態に置けば良い。これには該銅又は銅合金に陰極防食（電気防食）を適用することによって達成されるし、金網の列線交差部（ノード）の隙間に生ずる局部的異常腐食をも抑制する。

【0033】銅又は銅合金製防汚金属を陰極として間欠的に陰極電流を流し、該防汚金属の活性を維持させる方法が特開昭63-142109号公報に開示されている。この技術は論理的には理解できるが、間欠通電の間隔、時間及び電源調整装置などの管理が複雑であり、実施に当たっては専門の技師を必要とする。間欠陰極通電とはいえ $100 \text{ mA/m}^2$ の陰極電流密度の繰り返しは、通電時に銅の溶出をほぼ完全に抑制しており、却って陰極通電中は海生物の着生雰囲気を作成していることになる。不通電期間/陰極通電期間 $=0.2$ で、 $100 \text{ mA/m}^2$ の陰極電流密度の通電では海生物の付着が促進することを本発明者達の実用テストで確認している。

【0034】本発明者達は、銅又は銅合金製金網について防汚に必要な最小の銅の溶出速度（ $0.007 \sim 0.015 \text{ mm/y}$ ）に保持するため、 $10 \sim 100 \text{ mA/}$

$\text{m}^2$ 未満の陰極電流密度で連続通電し、金網の電位を自然電位よりも $20 \sim 150 \text{ mV}$ 卑（完全防食電位よりも貴な電位）にすることで、銅又は銅合金の防汚と異常腐食抑制が達成されることを見出した。好ましい陰極電流密度は、銅或いは銅合金の種類によって異なるが、純銅で $10 \sim 100 \text{ mA/m}^2$ 、キュプロニッケルで $20 \sim 40 \text{ mA/m}^2$ である。電位は銅金網で自然電位より $20 \sim 150 \text{ mV}$ 、キュプロニッケル或いはアルミ貴銅では $20 \sim 80 \text{ mV}$ 卑に保持するのが好ましい。言換えると、銅又は銅合金の防食電位である $-350 \sim -400 \text{ mV}$ （塩化銀電極基準）よりも貴な電位に保持することである。これらの電流値を越えたり設定電位が卑であると銅イオンの溶解速度は $\leq 0.01 \text{ mm/y}$ となり、局部腐食を抑制するが海生物が急速に付着する。

【0035】

【試験例】試験例

純銅及び $90/10 \text{ Cu-Ni}$ 合金の材質からなる金網を天然の海水中に浸漬し、Pt被覆チタンメッシュを陽極として直流電源を介して陰極電流を流し、陰極電流密度と、該金網上への海生物の付着量（防汚率）、金網電位及び銅の溶解速度との関係を調査した。

【0036】いずれの金網も線形×目合 $=\phi 3.2 \times 50 \text{ mm}$ 、仕立面積 $100 \times 100 \text{ cm}$ の菱型の金網である。上記を純銅金網については10セット、銅合金金網については9セット用意した。

【0037】該金網は陰極となっており、陰極防食を受け銅の溶解が抑制されている。陰極電流密度は、通電電流の自然腐食を含めて、純銅金網では $300 \text{ mA/m}^2$ までの10段階、 $9/10 \text{ Cu-Ni}$ （キュプロニッケル）金網では $100 \text{ mA/m}^2$ までの9段階に設定して定電流通電を行なった。テスト期間は、海生物の生態活動が春期から秋期に限られるため、初春に設置しおよそ13カ月余り実施した。

【0038】図1に金網設置約7か月後の陰極電流密度に対する金網電位と防汚率（海生物未着生金網面積の割合で示す。％値の高いほど防汚効果が大い）の関係を示す。陰極電流密度が $0 \sim 50 \text{ mA/m}^2$ での防汚率は、純銅及び銅合金とも95％以上を示しほぼ完全に防汚されている。純銅はさらに $100 \text{ mA/m}^2$ でも高い防汚効果が見られる。いずれの金網も線表面に僅かに珪藻類が着生している程度であった。しかし、 $100 \text{ mA/m}^2$ を超えると数ヶ月で海生物の着生が見られ、ムサキイガイとフジツボ類が密生し防汚効果は急速に低下した。金網表面には、電流密度の低いほど緑青が多く散見した。陰極電位で見ると通電電流が多くなる程徐々に卑な電位を示しているが、 $9/10 \text{ Cu-Ni}$ 合金で陰極電流密度が $50 \text{ mA/m}^2$ を超えると急速に卑化し、銅の溶出が殆ど無くなりこの時点で防汚効果が失われている事を示している。純銅は、合金に比して $200 \text{ mA/m}^2$ までは、電位の卑化が鈍く防汚効果の低下も

鈍い。

【0039】図2は金網設置13カ月後の陰極電流密度に対する金網電位と防汚率の関係を示す。およそ半年を過ぎた時点からいずれの金網にも海生生物の着生が散見し始めた。13カ月後では純銅又は銅合金とも防汚率は $0 \sim 15 \text{ mA/m}^2$  で50%以下、 $20 \text{ mA/m}^2$  を超えると純銅、銅合金とも60%以上の防汚率を示している。純銅で $100 \text{ mA/m}^2$  の85%がピークである。銅合金は $40 \text{ mA/m}^2$  の90%がピークになっている。陰極電流を受けているため、図3に見られるように銅の溶出は抑えられているにも拘らず防汚効果が高くなっているのは、防汚に有効な銅の溶解速度 $\geq 0.01 \text{ mm/y}$  を確保していることと陰極還元により溶解生成物が固着性から軟弱なものへ変化しているためと推察される。陰極電流密度が純銅で $100 \text{ mA/m}^2$ 、銅合金で $40 \text{ mA/m}^2$  を超えると、金網の電位は防食電位である $-370 \sim -420 \text{ mV}$  に達して銅の溶解速度は $\leq 0.01 \text{ mm/y}$  となり防汚効果が急速に低下する。

【0040】このように陰極電流を連続的に負荷した金網は、いずれも金網列線交差部の隙間腐食や線表面の局部腐食が抑制され破断の傾向は見られなかった。特に陰極電流密度が $20 \text{ mA/m}^2$  以上では顕著な効果が見られた。

【0041】これらの結果から、銅又は銅合金製金網の防汚と局部腐食の抑制は、連続して $10 \sim 100 \text{ mA/m}^2$  \*

$\text{mA/m}^2$  の陰極電流を供給するか、陰極電位を自然電位よりも $20 \sim 150 \text{ mV}$  卑化させることによって達成されることがわかる。これらの値は金網の銅材質によって最良条件は異なるが、共通に有効な条件範囲は、陰極電流密度 $20 \sim 40 \text{ mA/m}^2$ 、陰極電位で自然電位よりも $20 \sim 80 \text{ mV}$  である。

【0042】

【発明の効果】銅又は銅合金製金網への海生生物付着防止（防汚）と金網列線交差部を中心とする隙間腐食防止とを同時に解決する手段について検討した。銅又は銅合金に海水中で連続的に微弱な陰極電流を供給して、銅又は銅合金の溶出速度を防汚に有効な最小限に抑えることにより、銅又は銅合金表面に着生する海生生物の付着を抑制し、併せて銅又は銅合金の局部腐食を抑制し均一溶解を促す。

【0043】これによって、高価な銅又は銅合金製金網の供用寿命の延長が図れる。海生生物の着生も同時に抑制されるので、海生生物除去作業頻度を大幅に減ずる事ができる。

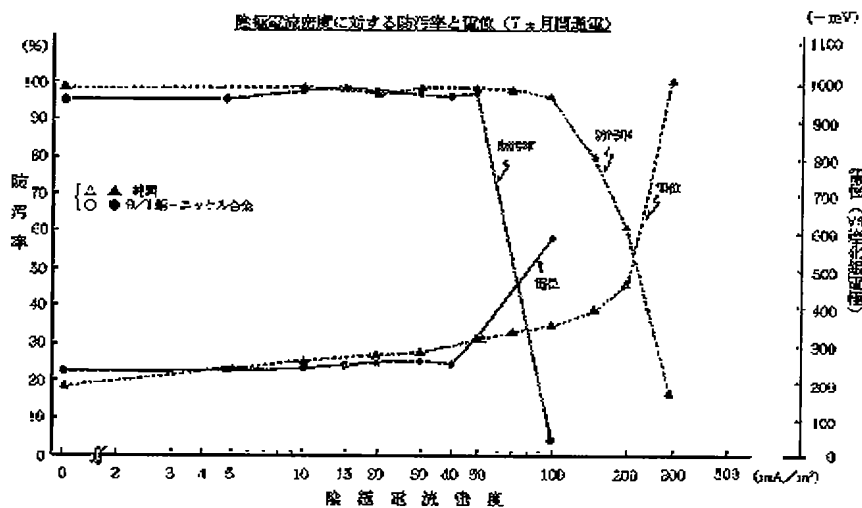
【図面の簡単な説明】

【図1】 陰極電流密度に対する防汚率と電位（7カ月間通電）の関係を示す。

【図2】 同上（13カ月間通電）。

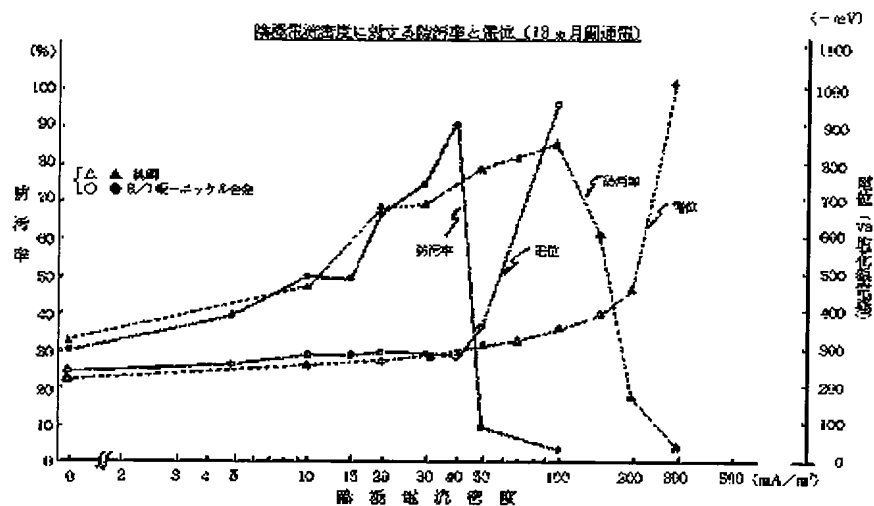
【図3】 陰極電流密度に対する防汚率と溶解速度（13カ月間通電）の関係を示す。

【図1】

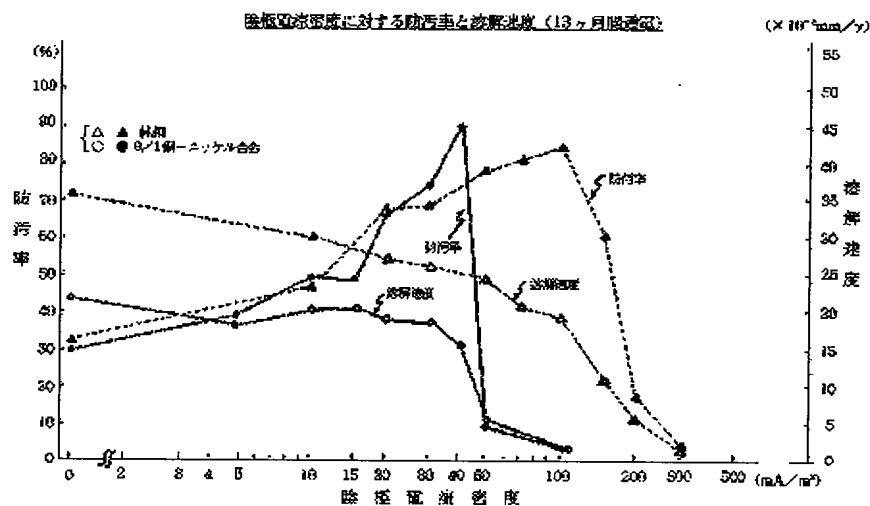




【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 白井 英智

埼玉県上尾市中新井417 株式会社ナカボ  
ーテック技術開発研究所内